Physique : Thème : Les Ondes mécaniques Progressives

Exercice n°1 : contrôle Bac sc expert 2017

On dispose d'un vibreur muni d'une fourche à pointe unique et d'une cuve à ondes. Au repos, la pointe verticale affleure la surface libre de la nappe d'eau de la cuve à ondes en un point **S**. En mettant le vibreur en marche, la pointe impose au point **S** des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude **a = 2 mm** et de fréquence N. Ainsi, une onde progressive, de longueur d'onde λ, prend naissance au point **S** à l'instant **t = 0** et se propage à la surface de l'eau avec une célérité **v constante**. On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni atténuation de l'onde au cours de la propagation.

1) Décrire l'aspect de la surface libre de l'eau observée en lumière ordinaire.

2) La **figure 6** représente, à un instant t_0, une coupe de la surface de l'eau par un plan vertical passant par S, M_1 et M_2. Les points M_1 et M_2 sont séparés par la distance $d = M_1M_2 = 1{,}25$ cm lorsque le liquide est au repos. Le point M_1 est atteint par l'onde issue de S à l'instant $t_1 = 5.10^{-2}$ s.

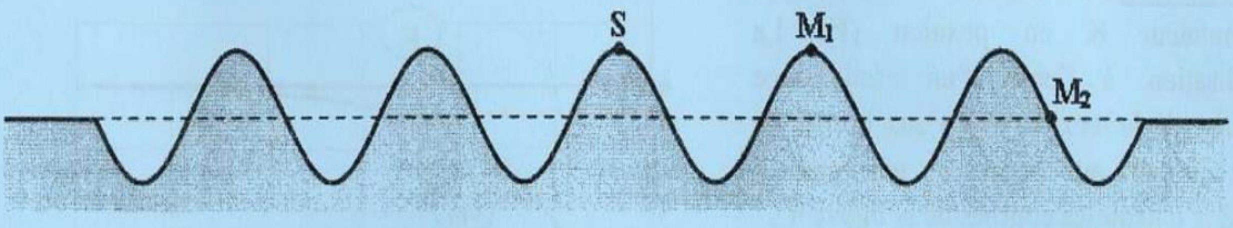


Figure 6

a- En exploitant la **figure 6**, déterminer :
- la longueur d'onde λ ;
- la célérité v ;
- l'instant t_0.

b- Montrer que le mouvement du point S est régi par l'équation horaire :

$$y_S(t) = 2.10^{-3}\sin(40\pi t + \pi) \text{ pour } t \geq 0$$; où y_S s'exprime en **mètre** et t en **seconde**.

3) a- Etablir l'équation horaire du mouvement du point M_2.

b- Représenter, sur un même système d'axes, les diagrammes de mouvements des points S et M_2. Comparer le mouvement du point M_2 à celui de S.

c- Déduire, à partir de la **figure 6**, les lieux géométriques des points vibrants en quadrature retard de phase avec S à l'instant t_0.

Exercice n°2 :contrôle Bac sc expert 2016

Un vibreur, muni d'une pointe fine, provoque des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude **a** et de fréquence **N** en un point **S** de la surface d'une nappe d'eau initialement au repos contenue dans une cuve à ondes. Les bords de la cuve sont tapissés avec de la mousse. Des ondes entretenues de forme circulaire se propagent à la surface de l'eau avec la célérité **v**. On néglige l'amortissement des ondes.

A l'instant **t = 0**, le point S débute son mouvement en partant de l'état de repos.

1- a) Indiquer pourquoi les bords de la cuve à ondes sont tapissés avec de la mousse.

b) Préciser, en le justifiant, si l'onde à la surface de l'eau est transversale ou longitudinale.

2- On considère deux points **A** et **B** de la surface de l'eau, situés sur un même rayon **Sx**, comme l'indique la Figure **5**.

Les courbes d'évolution au cours du temps des élongations $y_A(t)$ et $y_B(t)$ respectivement des points **A** et **B** sont données par la Figure **6**. On donne **AB = 6 mm**.

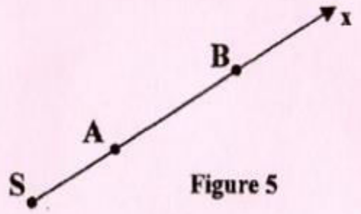


Figure 5

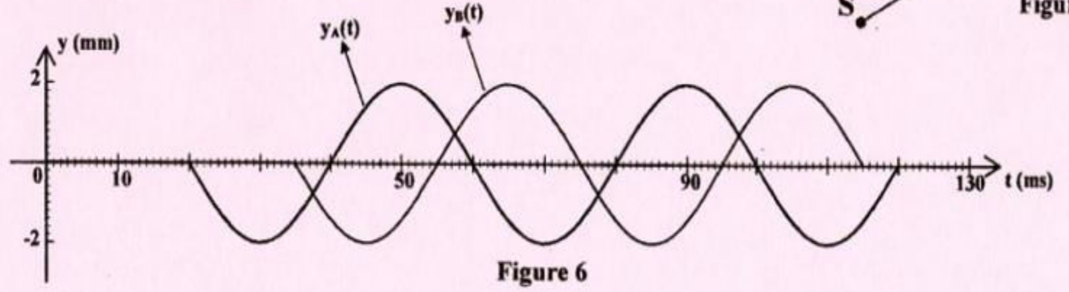


Figure 6

a) En exploitant la Figure **6**, déterminer:
- la fréquence **N** ;
- la durée **Δt** qui sépare les dates de passage de l'onde par les deux points **A** et **B**.

b) Calculer la célérité **v** de l'onde à la surface de l'eau. En déduire la longueur d'onde **λ**.

3- On remplace la pointe précédente par une réglette **(R)**. Parallèlement à **(R)** et à une certaine distance, on place un obstacle **(P)** présentant une fente **(F)** dont la largeur **L** est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde **λ**, comme le montre la Figure **7** de la page **5/5**.

On éclaire la surface de l'eau à l'aide d'un stroboscope de fréquence $N_e = N$.

a) Nommer le phénomène qui a lieu au niveau de la fente **(F)**.

b) Compléter la Figure **7 de la page 5/5, à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie**, en schématisant l'aspect de la surface de l'eau de part et d'autre de l'obstacle **(P)**.

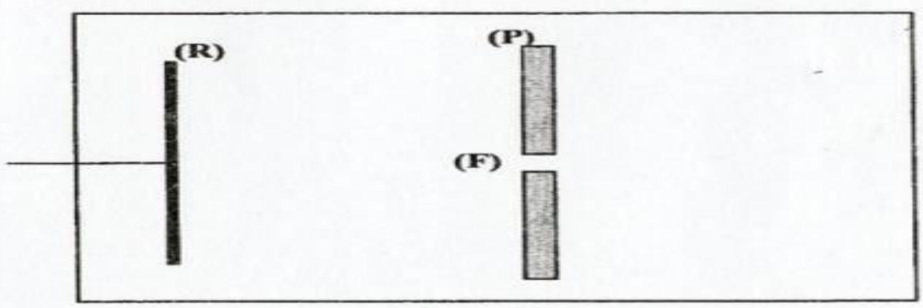


Figure 7

Exercice n°3 : Principale Bac sc expert 2014

En un point **O** de la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes, une source ponctuelle **S** impose, à partir de **t = 0 s**, des oscillations sinusoïdales verticales d'amplitude **a = 2 mm** et de fréquence **N = 20 Hz**.

Le mouvement du point **O** obéit à la loi horaire : $y_O(t) = a \sin(2\pi N t + \varphi_0)$ pour $t \geq 0$ s ; où φ_0 est la phase à **t= 0 s**.

On suppose qu'il n'y a ni réflexion ni amortissement de l'onde au cours de la propagation.

1) Décrire l'aspect de la surface libre de l'eau éclairée en lumière ordinaire.

2) On donne, sur la **figure 5**, le diagramme du mouvement d'un point M_1 de la surface libre de l'eau situé à la distance $1{,}25.10^{-2}$ **m** de **O**. En exploitant la figure **5** :

a – déterminer l'équation horaire du mouvement du point M_1 et déduire celle de **O** ;

b – calculer la valeur de la célérité **v** de l'onde créée à la surface de l'eau ;

c – déduire la valeur de la longueur d'onde **λ**.

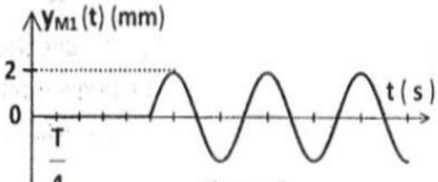


Figure 5

3) A l'instant t_1, l'aspect de la surface libre de l'eau est représenté par la **figure 6** ; où les cercles tracés en lignes continues représentent les crêtes et ceux tracés en lignes discontinues représentent les creux.

a – Montrer que $t_1 = 16{,}25.10^{-2}$ s.

b – En justifiant la réponse, comparer les états vibratoires des points M_2 et M_3 de la surface de l'eau.

c – Déterminer les lieux géométriques des points **M** de la surface libre de l'eau qui vibrent à l'instant t_1 en quadrature avance de phase par rapport au point M_2.

d – Représenter l'ensemble de ces points sur la **figure 8** de la **page 5/5**.

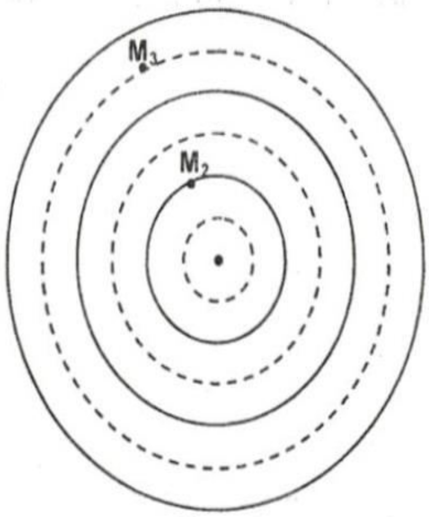


Figure 6

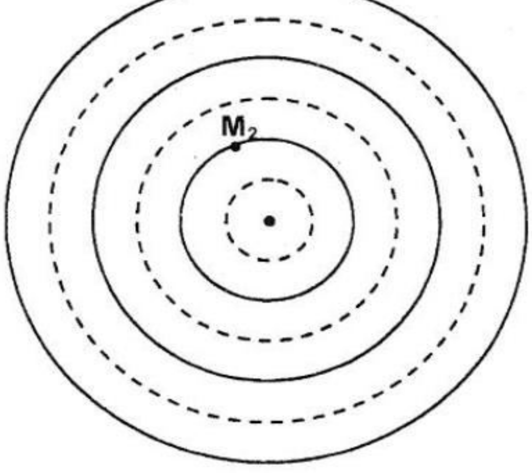


Figure 8

Exercice n°4 : Principale Bac sc expert 2013

Une réglette, fixée à un vibreur, impose à la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes des vibrations sinusoïdales verticales d'amplitude **a** et de fréquence **N = 10 Hz**. On suppose qu'il n'y a ni réflexion, ni amortissement d'ondes.

A partir d'une date **t = 0**, des rides rectilignes se propagent à partir d'un point source **S** de la surface de l'eau, à la célérité **v**. L'élongation de la source S s'écrit :

$$y_S(t) = a\sin(20\pi t + \varphi_S)\ ,\ t \geq 0.$$

Le graphe de la **figure 4** représente une coupe transversale, passant par S, de la surface libre de l'eau à une date t_0.

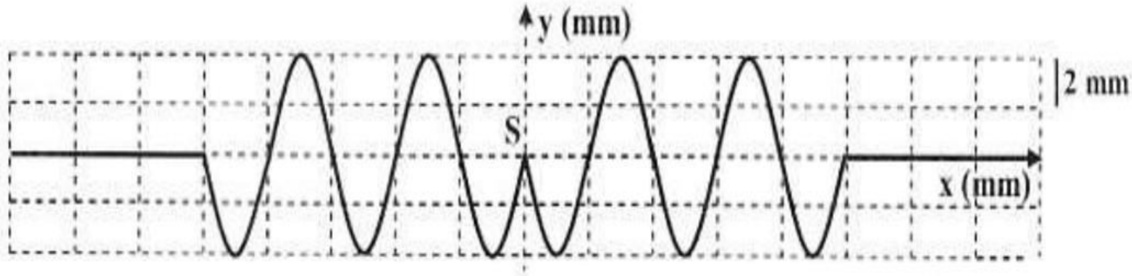


figure 4

1) A la date t_0, l'élongation de tout point **M** de la surface libre de l'eau, situé au repos à la distance SM = x de S, vérifie l'équation :

$$y_M(x) = a\sin(20\pi t_0 + \varphi_S - \frac{2\pi x}{\lambda})\ \ \text{tel que}\ -x_f \leq x \leq x_f$$

où x_f représente l'abscisse du front d'onde.

a- Déterminer la valeur de t_0.

b- Montrer que $\varphi_S = \pi$ rad.

2) A la date t_0, le front d'onde est situé à une distance x_f = 45 mm.

a- Calculer la valeur de longueur d'onde λ.

b- En déduire la valeur de la célérité v de propagation.

3) On considère les deux points P et N, de la surface de l'eau, repérés, au repos, respectivement par les abscisses $SP = x_P = 18$ mm et $SN = x_N = 22{,}5$ mm.

a- Déterminer le déphasage entre P et N : $\Delta\varphi = \varphi_P - \varphi_N$.

b- Déterminer les abscisses x_i des points M_i qui vibrent, à la date t_0, en quadrature retard de phase par rapport au point N.

Exercice n°5: contrôle Bac sc expert 2012

Une corde élastique assez longue est tendue horizontalement suivant l'axe **(Ox)** d'un repère **(Oxy)**. L'extrémité **S** de cette corde est reliée à un vibreur qui lui impose un mouvement rectiligne sinusoïdal suivant l'axe **(Oy)** d'équation horaire $y_S(t) = a\sin(2\pi Nt)$, où **a** représente l'amplitude du mouvement et **N** la fréquence de vibration. L'onde créée au point **S** à l'instant **t = 0 s**, se propage le long de la corde avec une célérité **v** constante. On suppose que la propagation de cette onde s'effectue sans amortissement.

Les courbes **(1)** et **(2)** de la figure **3** représentent l'aspect de la corde respectivement aux deux instants t_1 et t_2 tels que $t_2 - t_1 = 30$ **ms**.

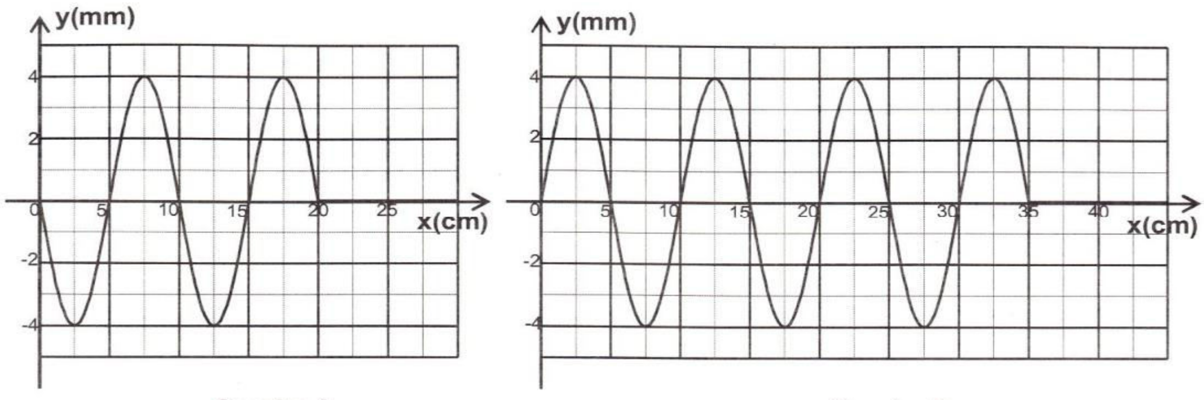


Fig.3

1. En exploitant les courbes **(1)** et **(2),** déterminer la valeur de :
   - **a)** la longueur d'onde **λ**,
   - **b)** la célérité **v** de l'onde,
   - **c)** la fréquence **N** de vibration.
2. On se propose de comparer les vibrations d'un point **A** d'abscisse $x_A = 17{,}5$ **cm** avec celui de **S**.
   - **a)** Montrer qu'à l'instant $t'_1 = 30$ **ms**, le point **A** est encore au repos.
   - **b)** Etablir l'équation horaire du mouvement du point **A** et en déduire le déphasage de celui-ci par rapport à **S**.
   - **c)** – Tracer le diagramme de $y_S(t)$ et en déduire, dans le même système d'axes, celui de $y_A(t)$.
     – Retrouver graphiquement le déphasage entre **A** et **S**.

Exercice n°6:Principale 2011

EXERCICE 2 (4 points)

Une corde élastique de longueur **L = 80 cm** est tendue horizontalement. Son extrémité **S** est liée à une lame vibrante en mouvement sinusoïdal vertical d'équation :

$y_s(t) = a.\sin(\omega t + \varphi_s)$ pour $t \geq 0$. L'autre extrémité est munie d'un dispositif qui empêche la réflexion des ondes. L'amortissement est supposé nul.

1. L'aspect de la corde à un instant t_o donné est représenté dans la figure **5**.
   - **a)** Définir la longueur d'onde λ.
   - **b)** A l'aide de la figure **5** :

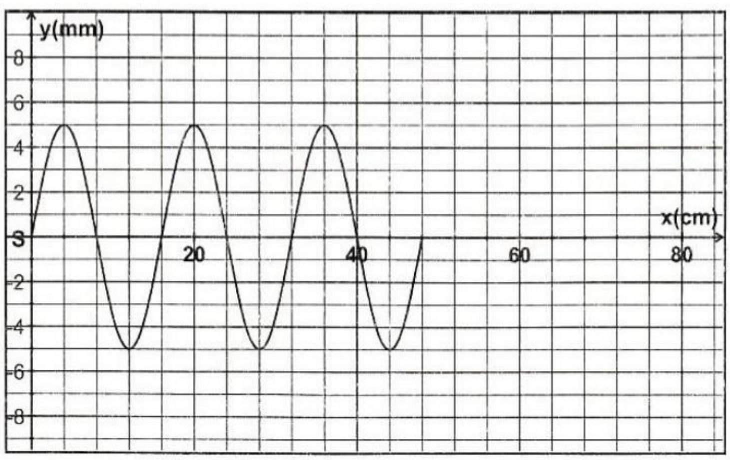


Fig.5

- déterminer l'amplitude de vibration des différents points de la corde atteints par l'onde ainsi que la valeur de la longueur d'onde λ.
- montrer que la phase initiale du mouvement de la source est :

$$\varphi_S = \pi \text{ rad}.$$

2. **a)** Sachant qu'un point $\mathbf{M_1}$ de la corde d'abscisse $\mathbf{x_1 = 24\ cm}$ au repos, est atteint par le front d'onde à l'instant $\mathbf{t_1 = 12\ ms}$:
   - calculer la célérité de l'onde,
   - en déduire la valeur de la période de vibration de la lame excitatrice.

   b) Déterminer en fonction de λ, la distance séparant le point $\mathbf{M_1}$ de la source **S** et en déduire la phase initiale du point $\mathbf{M_1}$.

   c) Ecrire l'équation horaire du mouvement du point $\mathbf{M_1}$ de la corde.

3. **a)** Déterminer la valeur de l'instant $\mathbf{t_o}$ auquel correspond l'aspect de la corde, représenté dans la figure **5**.

   b) Déduire de l'aspect de la corde à l'instant $\mathbf{t_o}$, son aspect à l'instant $\mathbf{t_2 = 36\ ms}$.

Exercice n°1 :contrôle 2017

1- En lumière ordinaire, on observe des rides circulaires concentriques au point S.

2- a- $d = 1{,}25\lambda \Rightarrow \lambda = 1$ cm

$$v = \frac{SM_1}{t_1} = 0{,}2\ m.s^{-1}$$

$$t_0 = \frac{x_f}{v} = 13{,}75.10^{-2}\ s$$

b- $y_S(t) = a\sin(2\pi Nt + \varphi_S)$

$$y_S(t_0) = 2.10^{-3}\sin(40\pi t + \varphi_S) = 2.10^{-3} \Rightarrow \varphi_S = \pi\ rad.$$

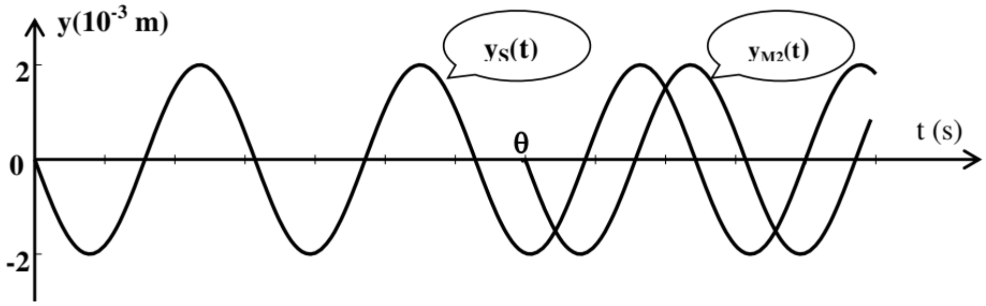
$$y_S(t) = 2.10^{-3}\sin(40\pi t + \pi)\ pour\ t \geq 0$$

3- a-

$$y_{M2}(t) = y_S(t - \theta)\ ;\ \theta = \frac{SM_2}{v}$$

$$y_{M2}(t) = \begin{cases} 0\ si\ t < \theta \\ 2.10^{-3}\sin(40\pi t + \frac{\pi}{2})\ pour\ t \geq \theta \end{cases}$$

b-



M_2 vibre en quadrature retard de phase par rapport à S.

c- Les points sont situés sur des cercles concentriques en S et de rayons :

$r_1 = 0{,}25$ cm

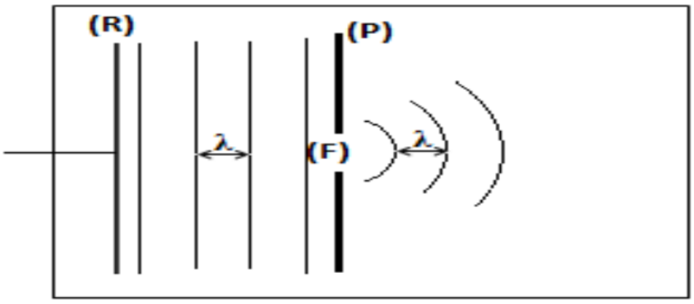
$r_2 = 1{,}25$ cm

$r_3 = 2{,}25$ cm

Exercice n°2 : contrôle 2016

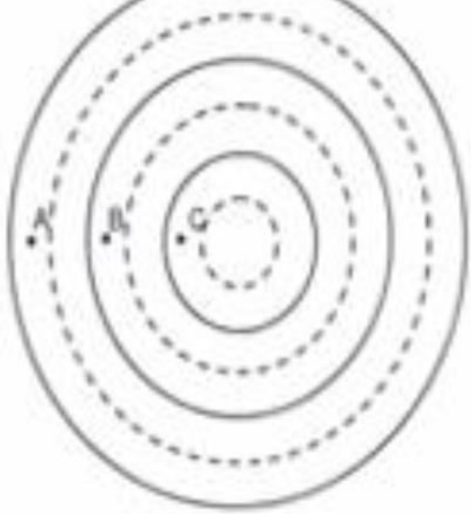
Eléments de réponse	Points	Critères
1- a) Les bords de la cuve sont tapissés avec de la mousse pour empêcher le phénomène de la réflexion des ondes.		
b) Il s'agit d'une onde transversale car la direction de propagation est perpendiculaire à celle des oscillations imposées par le vibreur.		
2- a) On a $N = \frac{1}{T}$ or $T = 0,04$ s donc $N = 25$ Hz		
On a $\Delta t = \theta_B - \theta_A = 35 - 20 = 15$ ms $= 15.10^{-3}$ s.		
b) On a: $v = \frac{AB}{\Delta t}$ or $AB = 6$ mm et $\Delta t = 15$ ms donc $v = 0,4$ m.s^{-1}. $\lambda = vT = \frac{v}{N}$ or $v = 0,4$ m.s^{-1} et $N = 25$ Hz donc $\lambda = 16.10^{-3}$ m $= 16$ mm.		
3- a) Il se produit le phénomène de diffraction des ondes.		

b) La longueur d'onde est la même de part et d'autre de l'obstacle (P).



Exercice n°3 : Principale 2014

1) Des rides circulaires concentriques qui se propagent à la surface libre de l'eau.	0,25
2) a – Le point M_1 débute son mouvement à l'instant $t_1 = 5T/4$; Pour $t \leq 5T/4$; $y_{M1}(t) = 0$. Pour $t \geq 5T/4$; $y_{M1}(t) = a \sin(2\pi N t - \frac{\pi}{2})$. Avec a = 2mm. Équation horaire de la source O : $y_O(t) = y_M(t + \Delta t)$; $\Delta t = T + \frac{T}{4}$. $y_O(t) = a \sin(2\pi N (t + \Delta t) - \frac{\pi}{2}) = a \sin(2\pi N t)$. b – La célérité v de l'onde est $v = \frac{d_1}{\Delta t} = 0{,}2\ m.s^{-1}$. c – $\lambda = \frac{V}{N} = 0{,}01\ m = 1\ cm$.	0,25x2 0,5 0,25x2 0,25
3) a – À l'instant t_1 le front d'onde a parcouru la distance $D = 3\lambda + \frac{\lambda}{4}$; $t_1 = \frac{D}{v} = \frac{13\lambda}{4v} = 16{,}25.10^{-2}$ s. b – M_2 et M_3 vibrent en opposition de phase car M_2 appartient à une crête et M_3 appartient à un creux. c – Les points M de la surface libre de l'eau qui vibrent à l'instant t_1 en quadrature avance de phase par rapport au point M_2 sont des cercles de centre O de rayons respectifs : $\frac{3\lambda}{4}$, $\frac{7\lambda}{4}$ et $\frac{11\lambda}{4}$.	0,5 0,25 0,25x2

les lieux des points sont les cercles centrés sur O et passant par les points A,B,et C 	0,25

Exercice n°4 :Principale 2013

Q	Corrigé	Barème
1-a	A partir des relations : $x_f = 2,5\lambda$; $x_f = v.t_0$ et $x_f = \frac{\lambda}{T}.t_0$ on trouve : $t_0 = 2,5T = 0,25s$	2 x 0,25
1-b	A la date t_0, le front d'onde se termine par un creux d'où $\varphi_s = \pi$ rad.	2 x 0, 5
2-a	$x_f = 2,5\lambda = 45$ mm $\Rightarrow \lambda = 18$mm.	2 x 0,25
2-b	$\lambda = v.T = \frac{v}{N} \Rightarrow v = \lambda.N = 0,18m.s^{-1}$	2 x 0,25
3-a	$\Delta\varphi = \varphi_p - \varphi_N = -\frac{2\pi}{\lambda}(x_p - x_N) = \frac{\pi}{2}$ rad	2 x 0,25
3-b-	Abscisses des points P_i, qui vibrant à t_0, en quadrature de phase par rapport à N. $\Delta\varphi = \varphi_{pi} - \varphi_N = -\pi/2$ rad. En ayant : $x_N = 1,25.\lambda \Rightarrow -\frac{2\pi}{\lambda}(x_{pi} - x_N) = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi \Rightarrow x_{pi} = 1,5\lambda - k\lambda$ et que **$0 \leq 1,5\lambda - k\lambda \leq 2,5\lambda$** On déduit que : k : 1 ; 0 ; -1 x_{pi} : $\lambda/2$; $3\lambda/2$; $5\lambda/2$ Par symétrie par rapport à l'axe des y, on déduit les x_{pi} d'abscisses négatives. **N.B** **Accepter le raisonnement sur le tracé du schéma.**	2 x 0, 25

Exercice n°5 : contrôle 2012

1.a- D'après les courbes on a : $\lambda = 10$ cm

b- Pendant la durée $\Delta t = t_2 - t_1 = 3.10^{-2}$ s, l'onde a parcouru la distanc

$\Delta x = x_2 - x_1 = 35 - 20 = 15$ cm donc la célérité V est telle que : $V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 5\,m.s^{-1}$.

c- On a $\lambda = \frac{V}{N}$ ainsi $N = \frac{V}{\lambda} = 50\,Hz$

2.a- Pour atteindre le point A d'abscisse $x_A = 17,5$ cm, l'onde met une durée θ_A telle que : $\theta_A = \frac{x_A}{V} = \frac{17,5.10^{-2}}{5} = 3,5.10^{-2}$ s > $t_1' = 3.10^{-2}$ s, ainsi le point A est encore au repos à l'instant t_1'.

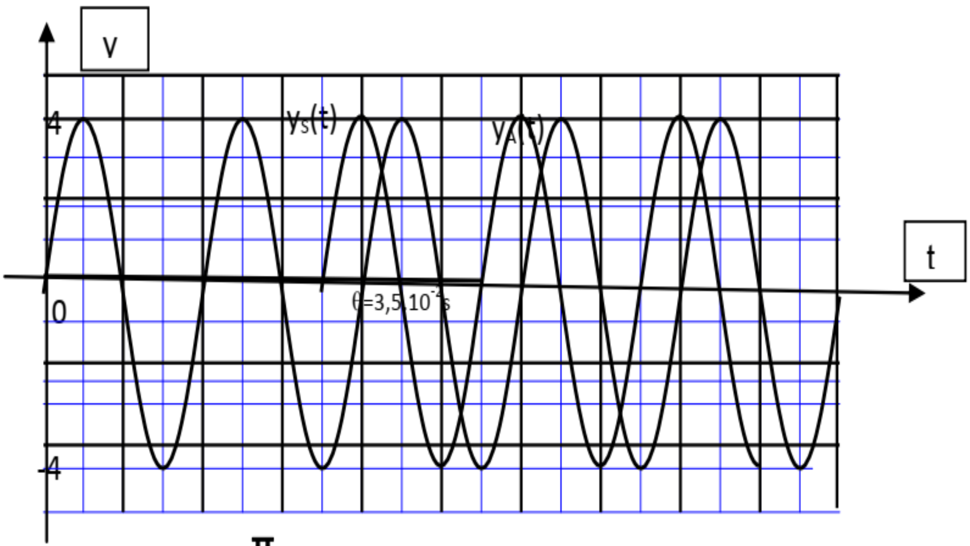
b- On a : $y_S(t) = a\sin(2\pi Nt)$ et $y_A(t) = a\sin(2\pi Nt - \frac{2\pi x_A}{\lambda})$

pour $t \geq \theta_A = 3,5.10^{-2}s$ ou encore $y_A(t) = 4.10^{-3}\sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})$

pour $t \geq \theta_A = 3,5.10^{-2}s$

On a : $|\Delta\varphi| = \left|\frac{2\pi x_A}{\lambda}\right| = 3,5.\pi = 4\pi - \frac{\pi}{2}$, $\varphi_A - \varphi_S = \frac{\pi}{2}$ rad.

c.



Graphiquement: $\varphi_A - \varphi_S = \frac{\pi}{2}$ rad.